

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
Katedra mechanické technologie

Studium vlivu čistoty zinkového povlaku na kvalitu
organických povlaků

Study of Influence Cleanes Zinc Coating on Quality of
Orgnic Coatings

Student: Ing. Lenka Páleníková
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Lenka Páleníková**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie

Téma: Studium vlivu čistoty zinkového povlaku na kvalitu organických povlaků
Study of Influence Cleaness Zinc Coating on Quality of Organic Coatings

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu použití zinkového povlaku v praxi.
2. Prostudujte tvorbu a vlastnosti zinkového povlaku.
3. Prostudujte vliv povrchu zinkového povlaku na kvalitu aplikovaných povlaků.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální práce a zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

KUKLÍK, V., KUDLÁČEK, J.: *Žárové zinkování*. AČSZ, 2014. 208 s. 978-80-905298-2-3.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016




doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě16. 05. 2016.....



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 05. 2016.....



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Ing. Lenka Páleníková

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Litovelská 188, 783 91 UNIČOV

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Páleníková, L. *Studium vlivu čistoty zinkového povlaku na kvalitu organických povlaků: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 48 s. Vedoucí práce: Podjuklová, J.

Bakalářská práce se zabývá současným stavem použití zinkového povlaku v praxi s cílem zjistit vliv čistoty zinkového povlaku na kvalitu nátěrových organických systémů. V úvodu jsou popsány dostupné technologie aplikace nátěrového systému na pozinkovaný výrobek. Praktická část se zabývá konkrétní technologií aplikace nátěrového systému na různě odmaštěné zkušební vzorky a metody zkoušení přilnavosti nátěrového systému. V závěru jsou porovnány výsledky zkoušek.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Páleníková, L. *Study of Influence Cleannes Zinc Coating on Quality of Orgnic Coatings: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical Universisty of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 48 p. Thesis head: Podjuklová, J.

This bachelor's work occupies with the current situation about using zinc film in practice with the goal to find out influence of zinc film cleanness on quality of coating organic system. At the beginning the available technologies of the coating system application on galvanized (zinc coated) product are described. In the practical part the specific technology of coating system application is shown. It is used for diversely degreased trial samples. In this part the methods of testing the coating system adhesion are also exposed. At the end the outcomes of testing are compared.

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
Úvod	9
1 Koroze kovů a jejich ochrana před korozi	10
1.1 Koroze kovů	10
1.2 Ochrana kovů proti korozi	11
2 Zinkový povlak	12
2.1 Žárové zinkování	12
2.2 Elektrolytické (galvanické) zinkování	15
2.3 Žárové stříkání (metalizace)	16
2.4 Sherardizace	16
2.5 Mechanické zinkování	16
2.6 Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku	16
2.7 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku	16
3 Povrchová úprava kovů (zinkového povrchu)	17
3.1 Otryskávání	17
3.2 Broušení	18
3.3 Odmašťování	18
3.4 Moření	19
4 Organické povlaky	20
4.1 Organické povlaky na zinkovém povlaku	22
4.2 Čištění a předúprava zinkového povrchu	23
4.3 Nátěrový systém na zinkový povlak	24
5 Metodika experimentálních prací	25
6 Charakteristika základního materiálu	26
6.1 Čištění pozinkovaných vzorků před aplikací nátěrové hmoty	27
6.2 Aplikace syntetické nátěrové hmoty	27
7 Popis experimentálních měření	30
7.1 Mřížková zkouška	30
7.2 Křížový řez	33
7.3 Odtrhová zkouška	35
7.4 Stanovení tloušťky nátěru	38
8 Výsledky experimentálních měření	40
9 Závěr	45
Literatura	46
Seznam příloh	48

Seznam použitých zkratk

A	kohezní poškození podkladu	[-]
A/B	adhezní poškození mezi podkladem a první vrstvou (základem)	[-]
B	kohezní poškození první vrstvy	[-]
B/C	adhezní poškození mezi první a druhou vrstvou	[-]
C	uhlík	[-]
C	kohezní poškození druhé vrstvy	[-]
C1	velmi nízký stupeň korozní agresivity	[-]
C2	nízký stupeň korozní agresivity	[-]
C3	střední stupeň korozní agresivity	[-]
C4	vysoký stupeň korozní agresivity	[-]
C5-1	velmi vysoký – průmyslový stupeň korozní agresivity	[-]
C5-M	velmi vysoký – přímořský stupeň korozní agresivity	[-]
C/m	adhezní poškození m-té vrstvy vícevrstvého systému	[-]
FNF	kombinace feromagnetické/neferomagnetické měření	[-]
Mn	mangan	[-]
N	dusík	[-]
P	fosfor	[-]
S	síra	[-]
TOC	obsah celkového organického uhlíku /TOC/ v kg/kg produktu	[kg/kg]
VOC	těkavé organické sloučeniny	[kg/kg]
-/Y	adhezní poškození mezi vrchní vrstvou a lepidlem	[-]

Y	kohezní poškození lepidla	[-]
Y/Z	adhezní poškození mezi lepidlem a zkušebním tělískem	[-]
1A	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná acetonem	[-]
2A	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná simple green	[-]
3A	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná technickým lihem	[-]
4A	plocha zinkového povrchu vzorku neodmaštěná	[-]
1B	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná acetonem	[-]
2B	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná simple green	[-]
3B	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná technickým lihem	[-]
4B	plocha zinkového povrchu vzorku neodmaštěná	[-]
1C	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná acetonem	[-]
2C	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná simple green	[-]
3C	plocha zinkového povrchu vzorku odmaštěná technickým lihem	[-]
4C	plocha zinkového povrchu vzorku neodmaštěná	[-]
m/n	adhezní poškození mezi m-tou vrstvou a n-tou vrstvou vícevrstvého systému	[-]
n/-	adhezní poškození mezi n-tou vrstvou a vrchní vrstvou vícevrstvého systému	[-]

Úvod

Povrchová úprava dílů a konstrukcí je velmi důležitá z hlediska jejich životnosti a s tím i souvisejících nákladů. V posledních letech je kladen velký důraz na ochranu životního prostředí. Proto se v dnešní době hledají způsoby a upravují stávající možnosti povrchové úpravy, které by nebyly drastické k našemu životnímu prostředí.

Povrchová úprava má zabránit nebo omezit vzniku korozi (ochranný povlak), zlepšit mechanické vlastnosti. Ale má také vytvářet na pohled vzhledné (dekorativní) povlaky.

Metod povrchové úpravy je velké množství. Důležité je zvolit správnou a vhodnou metodu povrchové úpravy. Jestli-že se zvolí nesprávný způsob povrchové úpravy, může to vést až k zničení součásti nebo konstrukce. Vhodně zvolený způsob může zlepšit povrchové vlastnosti dílů nebo konstrukcí.

V dnešní době je hojně využívána povrchová úprava žárového zinkování. Je volena z důvodu dlouhodobé životnosti a nízké nákladovosti.

Bakalářská práce se zabývá současným stavem použití zinkového povlaku v praxi s cílem zjistit vliv čistoty zinkového povlaku na kvalitu nátěrových organických systémů. Pro zvýšení korozní odolnosti se aplikuje, ve většině případů, na zinkový povlak organický nátěrový systém, čímž se získá duplexní ochranný povlak ocelového substrátu.

Cílem bakalářské práce je zjistit vliv čistoty zinkového povlaku na kvalitu organických povlaků.

1 Koroze kovů a jejich ochrana před korozí

Povrchové úpravy patří k důležitým strojírenským technologiím. Úkolem povrchových úprav je ochrana výrobků proti korozi, úprava vnějšího vzhledu a funkčních vlastností výrobků. [14]

1.1 Koroze kovů

Koroze je samovolný proces působení vnějšího prostředí na výrobek, který má za následek znehodnocení materiálu. Jedná se o souhrn fyzikálně – chemických dějů, kde výsledkem těchto dějů je úplné nebo částečné rozrušení materiálu. Koroze má za následek změnu struktury materiálu, změnu vzhledu, pevnosti, hmotnosti a rozměrové úbytky.

Korozi podléhají jak kovy a jejich slitiny, tak i např. plastické hmoty nebo sklovité materiály. Podle působení různých faktorů je možné korozi rozdělit následujícím způsobem. [14]

Podle mechanismu:

- koroze chemická,
- koroze elektrochemická.

Podle vzhledu:

- koroze rovnoměrná,
- nerovnoměrná koroze.

Podle rozhodujícího korozního činitele:

- koroze při napětí,
- koroze za únavy materiálu.

Podle prostředí:

- koroze v atmosféře,
- koroze ve vodě,
- koroze v plynech,
- koroze v půdě.

1.2 Ochrana kovů proti korozi

Způsob ochrany kovů proti korozi se volí podle vlastností materiálů, které budou využívány. Dále podle vlastností prostředí, ve kterém se bude materiál nacházet. Také zde hraje roli například hledisko hospodárnosti. Zvolená ochrana materiálů proti korozi, může korozi zpomalit nebo jí dokonce zabránit. [14]

Způsoby ochrany proti korozi:

- upravit korozní prostředí odstraněním složky, která korozi způsobuje, jako je snížení agresivních složek korozního prostředí,
- zvolit vhodný konstrukční materiál,
- tvorba chemických kovových nebo nekovových povlaků,
- elektrochemická ochrana kovového povrchu (katodická ochrana, anodická ochrana, elektrické drenáže).

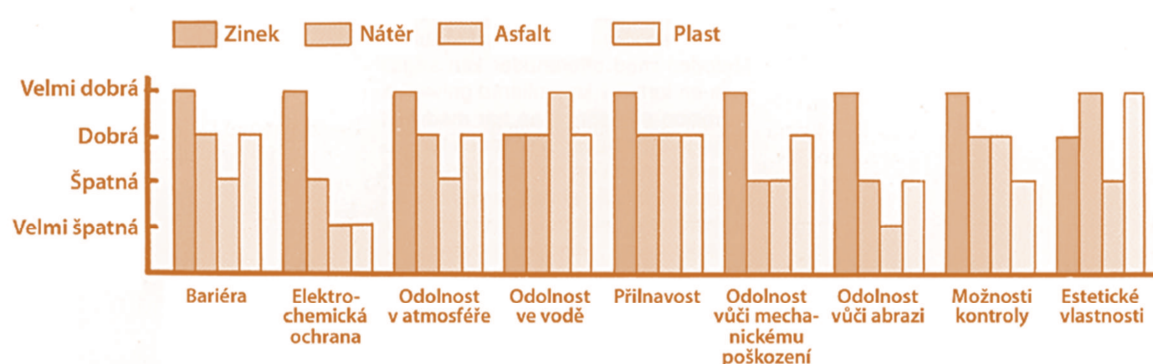
Ochranné povlaky patří k nejčastěji používaným prostředkům ochrany proti korozi. Mění povrchové vlastnosti a vzhled výrobku. Povlak by měl splňovat po celou dobu životnosti výrobku funkční, dekorativní a vzhledové vlastnosti. Optimálním povlakem se myslí povlak, který zabezpečuje požadované vlastnosti výrobku a má minimální náklady na jeho vytvoření a udržení. [14]

Podle charakteru vytvořené povrchové vrstvy se ochranné povlaky dělí na:

- anorganické
 - kovové (např.: zinkování),
 - oxidické,
 - keramické, sklovité.
- organické
 - nátěrové,
 - plastové,
 - konservační.

2 Zinkový povlak

Jedním z materiálů používaných v protikoroziční ochraně ocelových konstrukcí je aplikace zinkového povlaku, který je schopen zajistit dlouhodobou životnost ocelových konstrukcí a dílců. Zinkový povlak je odolný zejména proti atmosférické korozi. Zinek je možné nanášet na ocelové konstrukce několika způsoby zinkování. Na obrázku 2.1 jsou ve sloupcovém grafu porovnávány rozdílné typy povlaků. Ve většině případů je zinkový povlak vyhodnocen jako velmi dobrý. [17] [22]



Obr. 2.1 – Vlastnosti několika rozdílných typů povlaků [17]

Způsoby zinkování [17]:

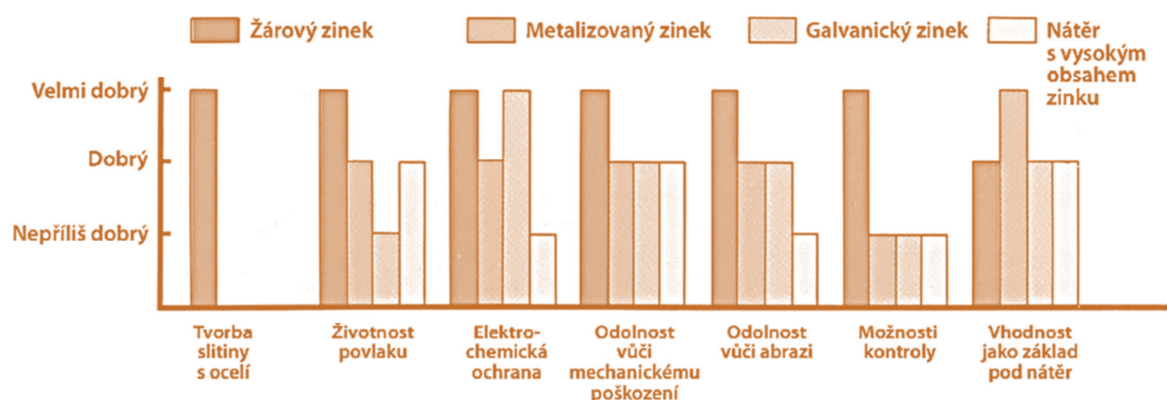
- žárové zinkování,
- elektrolytické (galvanické) zinkování,
- žárové stříkání (metalizace),
- Sherardizace,
- mechanické zinkování,
- neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku,
- nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku.

2.1 Žárové zinkování

Žárové zinkování je nejběžnější a nejrozšířenější způsob nanášení povlaku zinku. Používá se v kontinuálních procesech (žárové zinkování pásu, drátu), v poloautomatizovaných linkách (žárové zinkování trubek, fitinků) a především při žárovém zinkování ocelových dílů a konstrukcí (tzv. kusové zinkování). Konkrétně se jedná například o mosty, tunely,

městský mobiliář (veřejné osvětlení, stojany na kola, nástěnky, zábradlí, odpadkové koše), v energetice se žárově zinkují napěťové stožáry a trafostanice. [17]

Na obrázku 2.2 jsou porovnány vlastnosti některých zinkových povlaků. Z grafu je patrné, proč je žárové zinkování v praxi nejrozšířenější.



Obr. 2.2 – Vlastnosti některých zinkových povlaků [17]

Mezi podmínky provedení patří jak teplota vzduchu, která nemá vliv na proces žárového zinkování, tak vlhkost a znečištění vzduchu. [17]

Mezi zinkem a ocelí probíhá určitá reakce, která má za následek vytvoření vrstvy povlaku. Tloušťka povlaku se zvyšuje s rostoucím obsahem křemíku v oceli. Rovnoměrného povlaku se docílí ponořením v roztaveném zinku. Teplota zinkové taveniny se pohybuje při kusovém zinkování v rozmezí 420 až 460°C. Jestliže se provádí drobné zinkování, používají se teploty v rozmezí 540 – 560°C. Při použití keramické zinkovací vany se vyžaduje teplota nad 470°C. [17]

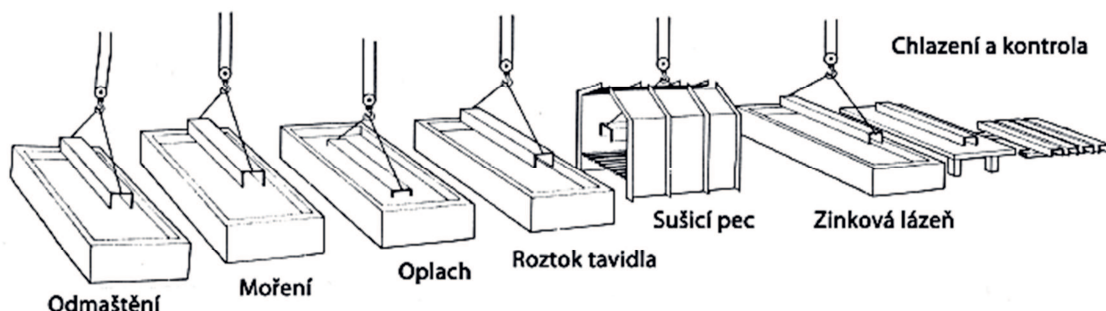
Jedná se o termický proces, který může mít za následek změnu tvaru. Kontrola se provádí vizuálně s měřením tloušťky povlaku po jeho zhotovení. Riziko poškození při dopravě a manipulaci je u takto pozinkovaných konstrukcí a dílů malé, protože povlak má velkou mechanickou odolnost. Možné poškození je opravováno žárovým stříkáním nebo nátěrem barvou s vysokým obsahem zinku. [22]

Další výhody žárového zinkování [12]:

- dlouhá životnost zinkovaných povlaků (zaručuje bez údržby protikorozi ochranu),
- provádění povrchové úpravy ve stabilním zařízení daným způsobem,
- omezení negativního vlivu lidského faktoru,
- v nepřístupných místech hladký a kvalitní povrch,
- na ostrých hranách nebo rozích vzniká stejně silný nebo silnější povlak než na rovném povrchu.

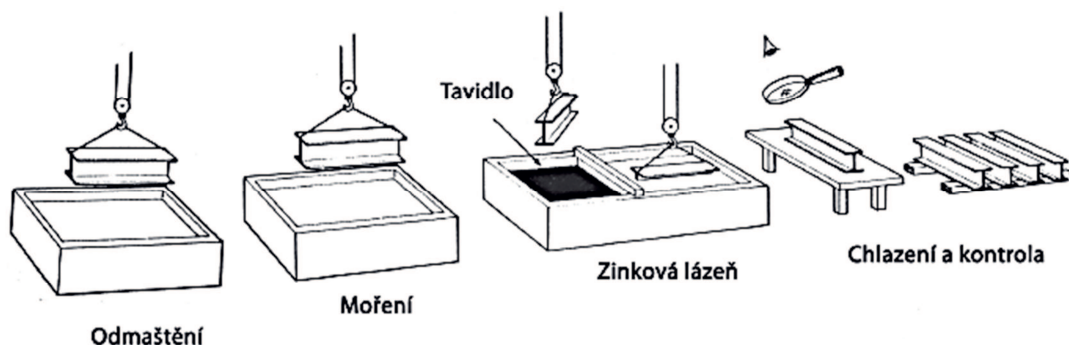
Způsoby zinkování [14] [17]:

- suché zinkování (suchý způsob) – předmět se ponoří do tavidlové lázně (chlorid zinečnatý a chlorid amonný) a poté se usuší při teplotě 150 – 300°C. Ponořením do tavidla se vytvoří tenká vrstva tavidla (brání oxidaci). Poté se předmět zinkování ochladí ve vodě nebo na vzduchu. Na obrázku 2.3 je znázorněn postup při suchém zinkování.



Obr. 2.3 – Suché zinkování [17]

- mokré zinkování (mokrý způsob) – zinkovací lázeň je rozdělena na dvě části přepážkou. Jedna část zinkové lázně je naplněna tavidlem (chlorid amonný). Po očištění povrchu předmětu se předmět ponoří přes vrstvu tavidla do zinkové lázně. Poté se předmět protáhne zinkovou lázní. Na obrázku 2.4 je znázorněn postup technologie žárového zinkování mokrým způsobem.



Obr. 2.4 – Mokrý zinkování [17]

Technologie žárového zinkování má několik kroků. Prvním je odmašťování. Tento postup byl popsán výše. Dalším je oplach. Jedná se o průmyslový proces, který je nenáročný na spotřebu vody (na 1 tunu pozinkované oceli se spotřebuje méně než 25 litrů vody). Třetím krokem je moření, které je blíže popsané v kapitole 2. Po moření následují další oplach, který má zamezit zavlékání solí železa do dalšího procesu. Pátým krokem je nanášení tavidla (popsané viz výše). Poté se provádí sušení, kdy je možné využívat odpadní teplo z ohřevu zinkové lázně. Následuje samotné žárové zinkování, kdy zinková lázeň je zpravidla ohřívána spalováním zemního plynu. Posledním krokem je chlazení (na vzduchu, ve vodní lázni) a kontrola. [1] [17]

Protikorozní ochrana pozinkovaného produktu závisí na agresivitě prostředí a na tloušťce naneseného zinku.

2.2 Elektrolytické (galvanické) zinkování

Předmět se zavěsí do vodného roztoku zinečnaté soli. Tento předmět se zapojí jako katoda ke zdroji stejnosměrného proudu, jako anoda se zapojí desky z čistého zinku. Po zapojení proudu se zinek rozpouští a ve formě zinečnatých iontů jde ke katodě. Větší předměty se zavěšují například na háky. Menší, jako jsou šrouby, matice, se pokovují v bubnech. [14]

Takto vytvořená vrstva zinku, má jemnozrnnou strukturu. Běžně se používá tloušťka povlaků 5 až 8 μm . Tenčí povlaky se používají pro hromadně vyráběné předměty. Silnější povlaky se vytváří na předmětech s jednoduchou geometrií (drát). [17]

Povrch zinku je hladký, se stříbřitým kovovým leskem. Pro zvýšení životnosti zinkovaných povlaků lze na zinkovou vrstvu aplikovat (bezproudově) vrstvu s určitým podílem chromu. Tato technologie se nazývá chromátování (dle přísad je vrstva buď bezbarvá, modrá nebo zelená, žlutá, zlatavá) a chrání povrch zinku proti oxidaci. [17]

2.3 Žárové stříkání (metalizace)

Žárové stříkání se provádí pomocí pistole, ve které se taví zinek ve formě drátu nebo prášku v plynovém hořáku nebo elektrickém oblouku. Roztavený zinek je vrhán na povrch oceli. [17]

2.4 Sherardizace

Sherardizace se provádí těsně pod teplotou tání (320°C) zinku, kdy se předmět mísí se zinkovým prachem a pískem v bubnu. V průběhu otáčení spolu reaguje železo a zinek a na povrchu předmětu se tvoří jejich sloučeniny. [17]

2.5 Mechanické zinkování

Předměty se nasypou do bubnu spolu se skleněnými kuličkami, zinkovým prachem a chemickými aktivátory. Zinek se pomocí skleněných kuliček navaluje na povrch předmětů. Tloušťka povlaku se reguluje pomocí množství zinku. [17]

2.6 Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku

Povrch se vytváří nanášením suspenzí obsahujících mikrolamely zinku nebo hliníku a vhodného pojiva. Za působení tepla dochází ke spojování mikrolamel a pojiva. Takto vytvořený povlak se používá pro drobný spojovací materiál. [17]

2.7 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku

Nátěrová hmota je považována za nátěrovou hmotu s vysokým obsahem zinku, jestliže je obsah zinkového prachu mezi 65 až 69 % hmot. v nátěrové hmotě nebo je větší než 92 % hmot. v suchém nátěrovém filmu. [17]

3 Povrchová úprava kovů (zinkového povrchu)

Povrch kovu může být znečištěn barvou (označovací barva), která je ve vodě nerozpustná nebo struskou po svařování. Tyto nečistoty se odstraňují mechanicky otryskáváním nebo broušením. Jestliže je povrch zamaštěn, odstraňuje se alkalickým nebo kyselým odmašťováním. [17]

3.1 Otryskávání

Otryskávání je mechanická úprava kovového povrchu. Otryskávací materiál je vrhán vysokou rychlostí proti povrchu součásti. Na mikrogeometrii povrchu má vliv tvar zrn, jejich tvrdost, zrnitost, druh materiálu a hmotnost zrna. Otryskávání je doprovázeno plastickou deformací povrchové vrstvy substrátu, kdy dochází ke zvýšení napětí v povrchových vrstvách, ke zpevnění materiálu a k topografickým změnám. [14]

Zrna, která jsou tvrdá a ostrá způsobují čištění povrchu a zasekáváním z něj odstraňují nečistoty (např. okuje, rez).

Kulatá zrna povrch zpevňují. Jednou z nevýhod je možné zatlačení otryskávacího média do povrchu substrátu, zejména pokud je vrháno kolmo a pod vysokým tlakem. Ale naproti tomu je povrchu hladší, zpevněný a více vzdoruje proti korozi. [14]

Otryskávací materiál:

- křemičitý písek – má ostrá zrna, používá se se zajištěním hygieny a bezpečnosti práce,
- litinová drť – nevhodná pro otryskávání barevných kovů,
- brusiva (karbid křemíku) – mají ostřejší zrna,
- sekaný drát – má nejvyšší pevnost,
- balotina – jedná se o skleněné kuličky vyráběné granulací skla,
- speciální materiály – například drť z pecek.

Otryskávání probíhá buď pneumaticky (tlakové a injektorové tryskače) nebo ve vodní suspenzi.

3.2 Broušení

Broušením se odstraňují nerovnosti povrchu a dosahuje lesku nebo vhodného povrchu pro následný povlak. Používají se kotouče (plstěné, dřevěné, látkové) nebo pásy s nalepenými brusnými částicemi. [14]

Tuhých kotoučů se používá pro ostrohranné a rovinné předměty. Plstěné kotouče je možné používat jako podložkové kotouče pod brusné pásy nebo přímo k broušení s nalepeným brusivem. Postup broušení a volba brusiva se volí dle stupně nerovnosti povrchu broušeného materiálu. [14]

Zařízení pro broušení:

- univerzální brousící stroje – jedná se o ruční stojanové brusky,
- stroje a přípravky pro broušení rotačních součástí,
- stroje a přípravky pro broušení plochých výrobků.

3.3 Odmašťování

Alkalické odmašťování je proces, kdy se mastné kyseliny neutralizují a přejdou do roztoku jako rozpustná mýdla. Tento způsob odmaštění je vhodný pro odmašťování rostlinných a živočišných tuků. Minerální oleje se odmašťují za zvýšené teploty, kdy se emulgují ve formě drobných kapiček do roztoku odmašťovadla. Alkalická odmašťovadla obsahují louh nebo sodu, fosforečnany, uhličitany, křemičitany, povrchově aktivní látky a emulgátory. [14]

Teplota lázně se pohybuje různě dle výrobce, pro dosažení potřebné účinnosti. V dnešní době jsou k dispozici odmašťovací přípravky, které nevyžadují zvýšenou teplotu. Je možné použít technologické postupy (instalací mechanického zařízení pro sběr tuku z hladiny lázně), které prodlužují životnost odmašťovací lázně. [12]

Odmašťování je ve velmi častých případech žárového zinkování nahrazováno odmaštěním v kyselých lázních. [13]

Výhody kyselých lázní (žárové zinkování):

- zkrácení technologického postupu čištění,
- odstranění přenosu alkálií do mořících lázní,
- snížení množství odpadních vod a nákladů v čistírně odpadních vod,
- počátek moření zboží již v průběhu odmašťování,
- úspora zastavěné plochy a investičních nákladů v žárové zinkově.

Zařízení pro odmašťování:

- vanová (ponorné odmašťování),
- postřikové – dosahuje se lepšího odmašťovacího účinku.

3.4 Moření

Dalším stupněm čištění zinkového povlaku je moření. Používá se sdružená operace moření s inhibicí a odmaštěním v kyselině chlorovodíkové za teploty 20 až 30°C. Umožňuje efektivněji dokončit čištění povrchu před žárovým zinkováním. [13]

Mezi výhody patří:

- snižuje se rychlost rozpouštění oceli,
- snižuje se navodíkování oceli,
- lehce se odmašťují zamaštěné povrchy,
- zabraňuje se redepozici mastnot,
- snižuje se vznik aerosolů kyselin při rozpadu bublin vodíku,
- snižuje se výnos lázní,
- zlepšuje se oplachovatelnost zboží po moření,
- prodlužuje se životnost mořící lázně.

4 Organické povlaky

Organické povlaky jsou jedním ze způsobů ochrany předmětů proti korozi. Mají za úkol zvýšit životnost ocelových dílů a konstrukcí. Jedná se o nejběžnější způsob ochrany předmětů proti korozi. Mají zamezovat přístupu vody a agresivních složek k povrchu předmětu. [14]

Nátěrovými hmotami je vytvářen nátěr, který chrání povrch předmětu. Při výběru nátěrové hmoty je třeba zvážit některé faktory, kterými jsou korozní prostředí, životnost ocelové konstrukce, vlhkost a teplota, přítomnost UV záření, působení chemických látek a mechanické poškozování. Pokud jsou konstrukce uloženy v zemi, je třeba brát v úvahu pórovitost a půdní podmínky, také pH terénu, přítomnost bakterií a mikroorganismů. Nátěr je hotový, ucelený ochranný povlak. Je možné nanášet jednu nebo několik vrstev. [14]

Korozní agresivita vnějšího prostředí má vliv na volbu typu ochranného nátěru, celkovou tloušťku nátěrového systému, požadovanou přípravu povrchu, minimální a maximální intervaly mezi nátěry. [7]

Norma ISO 12944 rozlišuje 5 základních kategorií korozní agresivity vnějšího prostředí, jak je znázorněno v tabulce 4.1. [7]

Tab. 4.1 – Základní kategorie korozní agresivity vnějšího prostředí [7]

Stupně korozní agresivity	Příklady typických prostředí	
	Venkovní	Vnitřní
C1 (velmi nízká)	-	Vytápěné budovy s čistou atmosférou (např. kanceláře, školy, hotely)
C2 (nízká)	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění (venkovské prostředí)	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci (sklady, sportovní haly)
C3 (střední)	Průmyslové a městské atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší (prádelny, pivovary)
C4 (vysoká)	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s mírnou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice
C5 – I (velmi vysoká – průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací s vysokým znečištěním ovzduší
C5 – M (velmi vysoká – přímořská)	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a vysokým znečištěním ovzduší

Nátěry dle účelu:

- ochranný,
- dekorativní,
- signální,
- maskovací,
- speciální.

Nátěrové hmoty je možné dělit:

- transparentní – průhledný nátěrový film (lak),
- pigmentované – neprůhledný film (email, tmel, barva).

Nátěrové hmoty se skládají:

- filmotvorné složky (pojiva) – jedná se o látky (vysychavé oleje, přírodní živice, umělé živice, deriváty celulózy, deriváty kaučuku, asfalty), které mají schopnost vytvářet tenkou souvislou vrstvu a vázat částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu,
- těkavé složky (rozpouštědla) – benzíny, benzén, alkohol, keton, sater kyseliny octové, glykoléter, terpentýnové silice,
- pigmenty – částčky (organické, anorganické), které jsou jemně rozptýleny v pojivě a dávají nátěrům barevný odstín,
- plnidla – jemně rozemleté minerální látky,
- aditiva (sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla).

Nanášení nátěrových hmot je rozdílné podle velikosti, tvaru a množství upravovaných předmětů. Dále je závislé na požadované finální vlastnosti nátěru, tedy jaký má mít vzhled, tloušťku nátěru, jak bude předmět korozně namáhán. Na nanášení nátěrových hmot má vliv i kvalita povrchu předmětu (např.: pórovitost, stupeň čistoty). A v neposlední řadě zde hraje svou roli pracnost a náklady jednotlivých technologií nanášení. [17]

Technologie aplikace nátěrové hmoty [14]:

- stříkací – nejrozšířenější způsob nanášení hmoty. Je vhodný pro velké plochy. Využívá se stříkací pistole, kde je proud hmoty strháván proudícím stlačeným vzduchem. Tento způsob nanášení nátěrové hmoty se provádí ve stříkacích kabinách (stolové, podlahové, tunelové), kvůli bezpečnosti a zamezení rozstříku nátěrových hmot,
- nanášené štětcem – nejpoužívanější způsob nanášení nátěrové hmoty, který vyžaduje zručnost natěračů. Toto nanášení vyžaduje kvalitní štětce,
- nanášení navalováním – toto nanášení je vhodné pro rovinné plechy. Jsou zde malé ztráty při nanášení a možná mechanizace a automatizace,
- nanášené stěrkou (tmely),
- nanášené elektroforézou,
- nanášené máčením a poléváním – podstatou nanášení máčením je ponoření předmětu do nádrže s nátěrovou hmotou a následně rovnoměrnou rychlostí vynoření. Nanášení poléváním je obdobou máčení. U obou je nevýhoda klínovitosti nátěru.

4.1 Organické povlaky na zinkovém povlaku

Kombinace žárového zinku s aplikovanou vrstvou organického nátěru se nazývá duplexní systém. Z hlediska nákladů, vztahujících se k době do první opravy, se jedná o nejučinnější způsob ochrany oceli proti korozi. [13]

Duplexní systém je vhodný pro obtížně proveditelné budoucí opravy (nepřístupnost) nebo jestli-že je zinkovaný povlak příliš tenký (kontinuálně zinkovaný plech) a také pro konstrukce, které se budou nacházet v agresivním prostředí. Dalším důvodem, proč je duplexní systém vhodný jako povrchová úprava předmětů, jsou estetické a bezpečnostní požadavky (varovné značení, maskování). V neposlední řadě je dalším využitím tohoto systému ochrana proti galvanické korozi. [11] [17]

Duplexní systém má delší životnost než jeden nebo druhý povlak samostatně. Předpokladem je dobrá přilnavost organického povlaku k zinku. Dobré přilnavosti se docílí za předpokladu, že povrch zinku je pečlivě očištěn a musí být zvolen vhodný typ nátěrového systému. Jestli-že se nedodrží čistota povrchu, mohou se na povrchu začít tvořit puchýře nebo může docházet k odlupování. [17]

4.2 Čištění a předúprava zinkového povrchu

Pro přípravu nejlepšího podkladu pro nátěr s dobrou přilnavostí se využívá tzv. sweepování povrchu zinku (lehké přetryskávání, kartáčování nebo ometení povrchu zinku), pomocí kterého se odstraňuje bílá rez a odstraní se nečistoty. Parametry pro sweepování jsou zaneseny v tabulce 4.2. [17]

Tab. 4.2 – Parametry pro sweepování žárově zinkového povrchu [17]

Tryskací prostředek	Velikost zrna	Tlak vzduchu v trysce	Vzdálenost od povrchu	Úhel tryskání	Podmínky prostředí	Drsnost povrchu	Základní nátěr
Oxid hlinitý, korund, křemičitany, olivín, struska	0,2 až 0,5mm	0,2 až 0,3 MPa	300 až 500 mm	30 až 60°	20 až 25°C Rel. vzdušná vlhkost < 50%	Jemný dle ISO 8503/2 (G)	Nejpozději 20 až 45 min po tryskání

Jestli-že není možné provést sweepování, využívá se pracovní postup pro průmyslové lakování, který obsahuje [17]:

- alkalické odmaštění,
- oplach vodou,
- fosfátování,
- oplach vodu,
- sušení,
- lakování.

Některé předměty je možné fosfátovat, kdy fosfátová vrstva musí být co nejtenčí. Fosfátování vyžaduje odmaštění a okartáčování. [17]

4.3 Nátěrový systém na zinkový povlak

Epoxidové (dvousložkové, vytvrzované polyamidem), polyuretanové a chlorkaučukové nátěrové hmoty jsou vhodné pro vysokotlaké stříkání. Epoxidové nátěrové hmoty se používají jako základ a mívají sklon ke křídování, polyuretanové a chlorkaučukové se používají jako vrchní nátěry. Poslední dvě nátěrové hmoty jsou citlivější na suroviny a složení nátěrové hmoty. [17] [11]

Pro ruční nátěry jsou vhodné dvousložkové akrylátové polyuretany, krylem modifikované alkydy nebo latexové nátěrové hmoty na bázi akrylátů nebo polyvinylacetátu. Pro konstrukce ve vodě se využívají hliníkem pigmentové roztoky asfaltu. [17]

Tyto nátěry mohou schnout na vzduchu, kde teplota nemá být nižší než 8 až 10°C. Tloušťka by měla být kolem 75µm. [17]

Jestli se mají využívat jiné nátěrové hmoty, než výše uvedené, je třeba na povrch zinku nanést základní nátěr (epoxidový základ). [17]

Pro dobrou adhezi a kvalitu organických povlaků, které mají zvyšovat korozní odolnost konstrukcí v určitém stupni agresivního korozního prostředí, je nutností zajištění čistoty zinkového povlaku. Je zapotřebí, aby zinkový povlak byl zbaven spráše (tzn. korozních produktů na bázi oxidů zinku, hydroxidů zinku nebo jiných chemických sloučenin, které se vytvoří v reakci s okolním prostředím).

Při odmašťování, moření a zinkování může docházet také k tvorbě vad tím, že není ocelový substrát dostatečně odmaštěn, odmořen a poté v procesu zinkování se nečistoty při teplotě 400°C a více spalují a odcházejí ve formě plynu a způsobují v povrchové vrstvě zinku minikrátery, které vystupují jako jedna z vad vůči organickému povlaku.

5 Metodika experimentálních prací

Očištění povrchu zinku:

- odmaštění - pomocí odmašťovacích prostředků (aceton, simple green a technický líh) - tři sady vzorků,
- neočištěné vzorky – jedna sada vzorků.

Měření drsnosti zinkového povlaku na různě odmaštěných vzorcích a to v podélném a příčném směru.

Hodnocení odolnosti povlaků z nátěrových hmot je možné provést několika způsoby. K tomuto účelu slouží nedestruktivní metody a destruktivní metody.

Nedestruktivními metodami jsou myšleny metody, kterých se využívá pro zkoušení povlaků výrobků a při tom zkoušený objekt není poškozen. [20] Naproti tomu u destruktivních metod zkoušení dochází k porušení povlaku. Po zkoušení je nutné povlak na objektu opravit.

Zkoušky povlaku z nátěrové hmoty na substrátu odmaštěném a neodmaštěném:

- Mřížková zkouška (ČSN EN ISO 16276-2),
- Stanovení tloušťky nátěru (ČSN EN ISO 2808),
- Odtrhová zkouška (ČSN EN ISO 16276-1),
- Křížový řez (ČSN EN ISO 16276-2).

6 Charakteristika základního materiálu

Pro následné experimentální zkoušky byl pořízen ocelový plech o tloušťce 2 mm jakostí dle ISO EN S235JRG2 dle dalších značení viz tabulka 6.1 a následně galvanicky pokoven běžným způsobem používaným v technické praxi. Základní chemické složení je uvedeno v tabulce 6.2.

Tab. 6.1 – Označení materiálu [9]

ČSN Značka	W.Nr Značka	EU Značka	Norma (EN)	DIN Značka	Norma (DIN)	USA Značka
11 375	1.0038	S235JRG2	10025-94	S235JRG2	10025-94	Gr.36

Tab. 6.2 – Základní chemické složení (rozběr tavby) v % [18]

C	P	S	N	Mn
max. 0,170	max 0,045	max 0,045	max 0,009	max 1,4

Plech byl nastříhán na vzorky o rozměrech 150 mm x 70 mm dle normy ČSN EN ISO 12944-6. Jednotlivé vzorky byly označeny číselně (1-4) a abecedně (A-E) pro vytvoření skupin z důvodu snadnější orientace ve způsobu očištění, následné aplikaci nátěrové hmoty a experimentálních zkoušek. Pro jednodušší aplikaci galvanického pokovení byl v levém horním rohu vzorku vyvrtán otvor. Zvolený postup přípravy vzorků byl vybrán následujícím způsobem pro simulaci běžné praxe zúčastněných firem.

Nastříhané vzorky byly předány firmě, která provedla galvanické pokovení těchto vzorků. Pozinkovaný vzorek je zobrazen na obr. 6.1.



Obr. 6.1 – Pozinkovaný vzorek

6.1 Čištění pozinkovaných vzorků před aplikací nátěrové hmoty

Jak již bylo výše zmíněno, vzorky byly rozděleny do čtyř skupin.

První skupina vzorků označená číslem 1, byla očištěna acetonem. Jedná se o bezbarvou hořlavou kapalinu neomezeně mísitelnou s vodou. Používá se mimo jiné k odmašťování a čištění povrchu kovových předmětů před natíráním. [16]

Skupina vzorků označená číslem 2, byla očištěna technickým lihem. Přípravek je bezbarvý a používá se k čištění a odmašťování povrchů, odstraňování nečistot, jako ředidlo k ředění nátěrových hmot apod. [15]

Další skupina vzorků s označením 3, byla očištěna přípravkem EXTREME SIMPLE GREEN. Extreme simple green je průmyslový, účinný, studenou vodou ředitelný, neabrazivní, nehořlavý, čistící a odmašťovací přípravek. Vhodný k čištění nejen kovových, ale i plastových a lakovaných povrchů. [19]

U předešlých způsobů odmaštění, bylo odmaštění prováděno ručně pomocí textilní tkaniny máčené v acetonu při dodržování pravidel pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Poté byly vzorky osušeny a zabaleny tak, aby nedošlo k jejich opětovnému znečištění při přenosu do firmy, kde byl prováděn nástřik nátěrové hmoty.

Poslední skupina vzorků označená číslem 4, nebyla žádným způsobem očištěna. Aplikace nátěrové hmoty byla provedena na neupravený vzorek.

6.2 Aplikace syntetické nátěrové hmoty

Na různě očištěné povrchy vzorků byla aplikována syntetická nátěrová hmota určená pro zhotovení jednovrstvých dekorativních nátěrů ocelových konstrukcí. Nátěrová hmota je určena nejen k aplikaci na železné podklady, ale i neželezné podklady (např. zinek, hliník, a další podklady jako je beton, dřevo). Nátěrovou hmotu je možné aplikovat max do 230 μm na jednu vrstvu. Svým složením umožňuje dosáhnout silné vrstvy jedním nátěrem. Předpisem je určeno, že nátěrová hmota se nanáší na očištěný podklad. [2]

Nátěrovou hmotu je možné aplikovat ručně štětcem nebo stříkáním. Nátěrová hmota byla nanesena bezvzduchovým stříkáním bez ředění. Po nástřiku byly vzorky umístěny

v místnosti při doporučené teplotě pro schnutí, která se pohybovala mezi cca 20°C až 25°C. Klimatické podmínky při aplikaci syntetické nátěrové hmoty byly naměřeny přístrojem Elcometer 319 (obrázek 6.2). Tento přístroj má jednoduché ovládání a dokáže ukládat velké množství záznamů. Každý takový přístroj je dodáván s certifikátem kalibrace. Umožňuje měřit a zaznamenávat klimatické parametry jakými jsou relativní vlhkost, teplota vzduchu, povrchová teplota, teplota rosného bodu, rozdíl mezi povrchovou teplotou a rosného bodu, měrnou vlhkost. [21] Naměřené klimatické parametry v době aplikace syntetické nátěrové hmoty jsou uvedeny v tabulce 6.3.



Obr. 6.2 – Elcometer 319 [21]

Tab. 6.3 – Klimatické parametry

Teplota vzduchu	Teplota povrchu vzorku	Relativní vlhkost okolí	Teplota rosného bodu okolí	ΔT
22,5°C	22,5°C	39,6%	8,1°C	14,4°C

U zvolené nátěrové hmoty je obsah sušiny 44-45% objemu, hustota 1300-1370 kg/m³. Hodnoty pro stanovení emisních limitů jsou uvedeny v tabulce 6.4. [2]

Tab. 6.4 – Hodnoty pro stanovení emisních limitů [2]

Kategorie	VOC [kg/kg]	TOC [kg/kg]
A/i	0,35-0,39	0,30-0,34

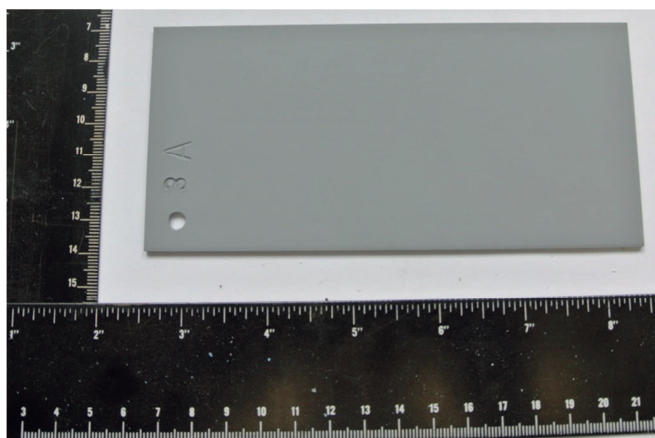
Doporučená mokrá tloušťka filmu (WFT) se pohybuje v rozmezí 150 - 180 μm a doporučená suchá tloušťka filmu (DFT) je 80 μm . [2] U vzorků byl nástřik proveden jedenkrát, z toho důvodu, že vzorky mají simulovat objekty nacházející se v kanceláři a

mají mít především dekorativní účel. V případě vzorků se mokrá tloušťka pohybovala v rozmezí 200 – 225 μm . Mokrá tloušťka vzorků byla měřena pomocí měrky nátěrů, vyfocené na obrázku 6.3.



Obr. 6.3 – Měrka nátěrů

Vytvrzování vzorků probíhalo po dobu šesti dnů. Na obrázku 6.4 je fotografie vzorku po nanesení syntetické nátěrové hmoty, která má matný vzhled.



Obr. 6.4 – Vzorek po nastříkání syntetické nátěrové hmoty

7 Popis experimentálních měření

Hodnocení přilnavosti syntetické nátěrové hmoty je možné provádět několika způsoby. Přípravené vzorky byly zkoušeny mřížkovou zkouškou (ISO 2409:2007), odtrhovou zkouškou (ISO 16276-1:2007), křížovým řezem (ISO 16276-2:20117), stanovovala se tloušťka nátěru (ISO 2802:1997). Jednotlivé zkoušky jsou blíže popsány v následujících podkapitolách.

7.1 Mřížková zkouška

Mřížková zkouška se řídí normou ČSN EN ISO 16276-2. Popisuje hodnocení odolnosti povlaků z nátěrových hmot k oddělení od podkladu pomocí pravoúhlé mřížky pronikající až k podkladu. Tato metoda je vhodná pro povlaky s celkovou tloušťkou do 250 μm . Mřížkovou zkoušku je možné použít jako zkoušku vyhovuje/nevyhovuje nebo jako šestistupňovou klasifikační zkoušku. [3] [6]

Zkoušení se provádí pomocí řezného nástroje s jedním ostřím nebo pomocí řezného nástroje s více ostřími. U zkušebních vzorků byl využit řezný nástroj s více ostřími. Tento řezný nástroj musí mít šest ostří navzájem od sebe vzdálených 1 mm, 2 mm nebo 3 mm. Vzdálenost řezů se určuje dle tloušťky povlaku, a to do 60 μm (tvrdý podklad) je vzdálenost řezů 1 mm, do 60 μm (měkký podklad, např. dřevo, plast) je vzdálenost řezů 2 mm, rozmezí 61 μm - 120 μm (tvrdé i měkké podklady) je vzdálenost řezů 2 mm a pro rozmezí 121 μm - 250 μm (tvrdé i měkké podklady) je vzdálenost řezů 3 mm. Řezný nástroj spolu s detailem ostří je vyfocen na obrázku 7.1. [3] [6]



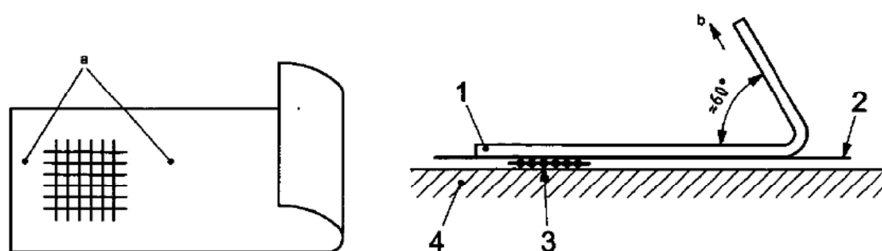
Obr. 7.1 – Řezný nástroj s více ostřími navzájem od sebe vzdálených 1 mm

Dalšími pomůckami u mřížkové zkoušky jsou samolepící páska, která je určena k hodnocení přilnavosti nátěru substrátu a jejíž přilnavost se pohybuje mezi 6 N na 25 mm šířky a 10 N na 25 mm šířky. Páska by měla být alespoň 50 mm široká. Pro lepší vyhodnocení zkoušky je možné využít ruční lupy s dvojnásobným nebo trojnásobným zvětšením. Využívá se dále měkkého štětce pro odstranění nečistot vzniklých při provedení mřížkové zkoušky. Sada pro mřížkovou zkoušku je zobrazena na obrázku 7.2. [3] [6]



Obr. 7.2 – Sada pro mřížkovou zkoušku [10]

Zkouška se provádí na třech různých místech. Řez je proveden ručně, kdy řezný nástroj se drží kolmo k povrchu zkušebního vzorku, stejným tlakem na řezný nástroj. Řezy musí proniknout k povrchu podkladu. Původní řezy se kříží pod úhlem 90° dalšími řezy tak, aby se vytvořila mřížka. Vzniklá mřížka se očistí měkkým štětcem a poté se použije samolepící páska, ze které se odřízne kus cca 75 mm dlouhý. Střed této pásky se umístí na mřížku (rovnoběžně s jedním řezem) a uhladí se prstem (páska mřížku překrývá nejméně o 20 mm). Pásku je nutné přitlačit (prstem nebo nehtem), aby byl zajištěn dobrý kontakt s povlakem. Poté se páska (do 5 min po aplikaci pásky) strhne pod úhlem nejbližší 60° za 0,5 s až 1 s. Postup umístění a odtrhnutí pásky je znázorněn na obrázku 7.3. [3] [6]



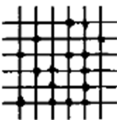



Obr. 7.3 – Umístění a odtrhnutí pásky [3]

Legenda:

1 páska 2 povlak 3 řezy 4 poklad a vyhlazení b směr odstranění

Vyhodnocení mřížkové zkoušky se provádí u tvrdých podkladů bezprostředně po odstranění samolepící pásky. U měkkých podkladů bezprostředně po oprášení štětcem. Řezná plocha zkušebního povlaku se prohlédne zrakem při dobrém světle nebo pomocí lupy. V tabulce 7.1 jsou uvedeny klasifikace výsledků zkoušek, kdy první tři se využívají při hodnocení vyhovuje/nevyhovuje. [3] [6]

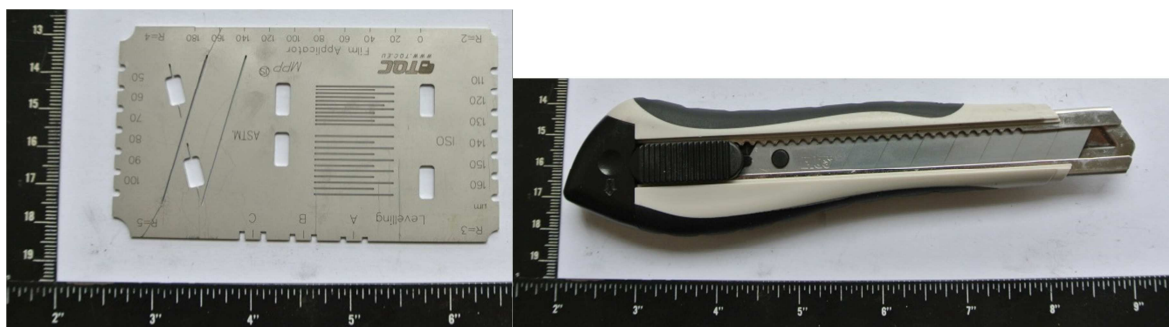
Tab. 7.1 – Klasifikace výsledků zkoušek dle normy ČSN EN ISO 2409 [3]

Klasifikace	Popis	Vzhled plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování
0	Hrany řezů jsou zcela hladké, žádný čtverec mřížky není poškozen	-
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5%.	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5%, ale menší než 15%.	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela, a/nebo se odlupuje částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35%, ale menší než 65%.	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4	-

7.2 Křížový řez

Křížový řez se řídí normou ČSN EN ISO 16276-2. Popisuje hodnocení odolnosti povlaků z nátěrových hmot k oddělení od podkladu pomocí řezu v podobě X pronikající až k podkladu. Použití křížového řezu není omezeno tloušťkou. [6]







Křížový řez se provádí nástrojem s jedním ostřím, kdy se provede řez ve tvaru „X“. K provedení řezu se využívá šablony, která je vyfocena na obrázku 7.4. Řezy musí být 40 mm dlouhé a úhel, který oba řezy svírají, musí být 30° - 45°. Lepicí páska (stejné parametry jako u mřížkové zkoušky), která je cca 75 mm dlouhá, se přitiskne na řez a během 5 minut odtrhne. [6]



Obr. 7.4 – Šablona a nástroj pro křížový řez

Pro vyhodnocení křížového řezu slouží podobná tabulka jako pro hodnocení mřížkové zkoušky, kdy se porovnává křížový řez na zkoušené ploše s tabulkou hodnocení výsledků křížového řezu (tabulka 7.2). [6]

Tab. 7.2 – Hodnocení výsledků křížového řezu [6]

Stupeň	Popis	Vzhled plochy s křížovým řezem, na které se vyskytlo odlupování
0	Žádné odlupování nebo odpadající nátěr.	
1	Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.	
2	Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.	
3	Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách	
4	Odpadající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepící páskou.	
5	Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.	

Každá provedená zkouška má svůj záznam v podobě protokolu, který v případě mřížkové zkoušky a křížového řezu obsahuje:

- datum zkoušky,
- všechny podrobnosti pro identifikaci výrobku,
- typ použitého řezného nástroje,
- výsledky zkoušky,
- odchylky od předepsaného postupu,
- odchylky zjištěné během zkoušky,
- odkaz na mezinárodní normu (ISO 2409:2007),
- podrobnosti k doplňkovým informacím.

7.3 Odtrhová zkouška

Norma ČSN EN ISO 16276-1 popisuje postupy pro hodnocení odtrhové pevnosti ochranného nátěru povlaku jakékoli tloušťky na ocelovém podkladu. Odtrhová pevnost je specifikována jako síla potřebná pro překonání sil vazby mezi vrstvami povlaku nebo povlakem a podkladem (přilnavost, adheze) nebo v povlaku (koheze). [5]

Princip odtrhové zkoušky spočívá v přilepení zkušebního tělíska neboli panenky pomocí vhodného lepidla (dvousložkové nebo vteřinové lepidlo) dle normy ČSN EN ISO 16276-1. Po zaschnutí lepidla se musí panenka obřezat a poté se na zkušební tělísko vyvíjí taková síla, která způsobí odtržení zkušebního tělíska od nátěru. [5]

Sílu, pomocí níž dochází k odtržení zkušebního tělíska od vzorku, vyvíjí trhací zkušební zařízení, které musí být kalibrováno. Namáhání tahem působí v kolmém směru na rovinu podkladu s nátěrem a zvyšuje se rovnoměrnou rychlostí menší než 1 MPa/s. Lom by měl nastat do 90 s. Trhací zkušební zařízení (Elcometr F 106) s příslušenstvím (kruhový ořezávací nástroj) je vyfoceno na obrázku 7.5. [5]

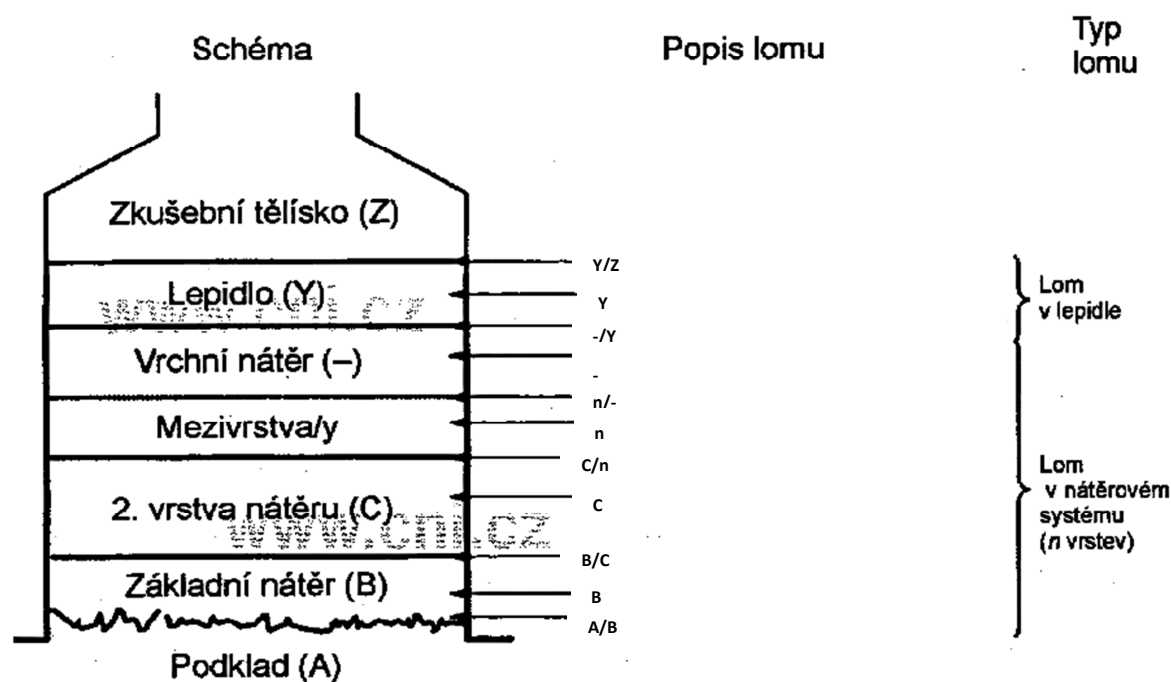


Obr. 7.5 – Trhací zkušební zařízení s příslušenstvím

Po odtrhu se hodnotí vzhled zlomové plochy jak na substrátu, tak na panence. Vyhodnocení se provádí vizuálně. Hodnocení typu lomu:

- A kohezní poškození podkladu,
- A/B adhezní poškození mezi podkladem a první vrstvou (základem),
- B kohezní poškození první vrstvy,
- B/C adhezní poškození mezi první a druhou vrstvou,
- C kohezní poškození druhé vrstvy,
- C/m adhezní poškození m-té vrstvy vícevrstvého systému,
- m/n adhezní poškození mezi m-tou vrstvou a n-tou vrstvou vícevrstvého systému,
- n/- adhezní poškození mezi n-tou vrstvou a vrchní vrstvou vícevrstvého systému,
- - kohezní poškození vrchní vrstvy,
- -/Y adhezní poškození mezi vrchní vrstvou a lepidlem,
- Y kohezní poškození lepidla,
- Y/Z adhezní poškození mezi lepidlem a zkušebním tělískem.

Na obrázku 7.6 je zobrazeno rozhraní mezi zkušebním tělískem, vrchní vrstvou, mezivrstvami, základním nátěrem a podkladem. Popis lomu je vypsán výše.



Obr. 7.6 – Popis charakteru poškození [5]

Zkušební tělíska (panenky) jsou vyrobené z korozivzdorné nebo hliníkové slitiny, obvykle průměru 20 mm. Musí mít vhodnou tloušťku, kvůli deformacím, které by mohly vznikat při zkoušení. Délka zkušebního tělíska by neměla být menší než polovina průměru tělíska. Plocha tělíska by měla být strojově obrobena. Před zkouškou je třeba povrch zkušebních tělísek očistit (odmaštění). Doporučuje se, pro snížení nedostatečné přilnavosti, zdrsnit povrch zkušebního tělíska i povrch ochranného nátěru (např. jemným smirkovým papírem). Poté je potřeba povrchy (zkušební tělísko, ochranný povlak) očistit. Zkušební tělísko je zobrazeno na obrázku 7.7. [5]



Obr. 7.7 – Zkušební tělíska (panenky)

Na povrch zkušebních tělísek se nanese dostatečné množství lepidla v tenké a rovnoměrné vrstvě pro zajištění dobrého spojení s nátěrem. Mezi vhodná lepidla patří například dvousložkové epoxidové (vypoceno na obrázku 7.8) nebo jednosložkové kyanoakrylátové lepidlo. Nepoužívají se lepidla, která mohou poškodit povlak nebo jim pronikat. [5]



Obr. 7.8 – Epoxidové dvousložkové lepidlo

Odtrhová zkouška by měla být zaznamenána do protokolu, který musí obsahovat:

- všechny informace nutné k identifikaci zkoušeného ochranného nátěru, včetně čísla šarže nátěrového systému,
- tloušťky nátěru, dobu a podmínky schnutí/vytvrzování, podmínky během 24h před zkouškou a další informace,
- odkaz na tuto část ISO 16276,

- všechny informace nutné pro identifikaci použitého zřízení pro měření odtrhové síly a všechny ověření příslušných zařízení potvrzující použitelnost zařízení ke zkoušce,
- všechny informace nutné pro identifikaci podkladu,
- použité lepidlo,
- čas a podmínky schnutí/vytvrzování, včetně teploty prostředí,
- všechny informace nutné k identifikaci kontrolních ploch,
- údaj, zda kritéria přijetí byla nebo nebyla splněna na všech kontrolních plochách,
- výsledky měření,
- teplotu prostředí, relativní vlhkost vzduchu a teplotu povrchu konstrukce s nátěrem během zkoušky,
- datum měření a jméno inspektora. [5]

7.4 Stanovení tloušťky nátěru

Mezinárodní norma ČSN EN ISO 2808 popisuje měření tloušťky organických povlaků a stanovuje různé způsoby měření tloušťky při jejich nanesení na podklad. Způsoby měření tloušťky jsou stanovení tloušťky mokrého filmu, stanovení tloušťky suché vrstvy výpočtem z plošné hmotnosti vrstvy, měření tloušťky suché vrstvy mechanickými dotykovými přístroji, měření tloušťky suché vrstvy profilometricky, měření tloušťky suché vrstvy pomocí mikroskopu, magnetický princip, princip vířivých proudů, bezdotykový způsob, vážkový (pro volné filmy) a stanovení tloušťky suché vrstvy na otryskaném podkladu. [4]

Pro potřeby bakalářské práce byl zvolen magnetický způsob zjištění tloušťky nátěru. Jedná se o nedestruktivní metodu stanovení tloušťky nemagnetických zaschlých nátěrových filmů na magnetických kovových podkladech. Magnetický tok proniká nátěrem a podkladem. Přístroje na měření tloušťky nátěru musí být kalibrovány v souladu s pokyny výrobce pomocí vhodných kalibračních standardů. Je třeba, aby na každé ploše bylo provedeno více odečtů, ze kterých se poté vypočte průměr měření. Na obrázku 7.9 je zobrazen přístroj Elcometer 456 FNF (kombinovaný) pro měření tloušťky nátěru. [4] [8]



Obr 7.9 – Přístroj pro měření tloušťky nátěrů [8]

O vykonané zkoušce se sestavuje protokol, který musí obsahovat:

- všechny podrobnosti nutné k identifikaci zkoušených nátěrových hmot,
- odkaz na mezinárodní normu (ISO 2808),
- podrobnosti o dodatečných údajích,
- odkazy na národní normy nebo jiné dokumenty,
- výsledky zkoušky (jednotlivé hodnoty tloušťky, průměrnou tloušťku se směrodatnou odchylkou, alternativně jednotlivé hodnoty tloušťky a nejmenší a největší změřenou tloušťku),
- jakoukoli odchylku od stanoveného zkušebního postupu,
- datum zkoušky. [4]

8 Výsledky experimentálních měření

Bylo provedeno 10 měření tloušťky zinku na jednotlivých vzorcích, ze kterých byla vypočítána průměrná hodnota uvedená v tabulkách 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4. Dále byla naměřena minimální a maximální hodnota tloušťky zinku na vzorcích, taktéž uvedeno v tabulkách. Následně po aplikaci nátěrové hmoty byla změřena tloušťka vrstvy na ocelovém substrátu. Jedná se o součet vrstvy zinku a nátěrové hmoty. Odečtením od této celkové naměřené tloušťky, byla stanovena průměrná, minimální a maximální tloušťka nátěrové hmoty.

V tabulkách 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4 jsou zaznamenané hodnoty drsnosti zinkového povlaku, měřeného po odmaštění ploch vzorků přípravky aceton, technický líh, simple green a drsnost zinkového povlaku měřeného na ploše neodmaštěné sady. Bylo provedeno 5 měření v příčném směru a 5 měření v podélném směru, kdy délka měření byla 4mm. V tabulkách 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4 jsou zaznamenané průměrné hodnoty těchto měření.

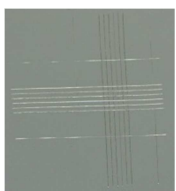

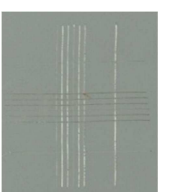
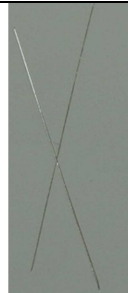


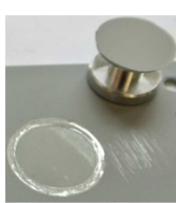


V tabulkách 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4 jsou uvedeny zkoušky přilnavosti nátěrové hmoty, jejich hodnocení a fotodokumentace. Jedná se o mřížkovou zkoušku, křížovou zkoušku a odtrhovou zkoušku.

U odtrhové zkoušky se hodnocení provádí vizuálně dle charakteru poškození. V tabulkách je zaznamenána síla odtrhu v MPa a vyhodnocovala se dle obrázku 7.6. Kde jako podklad (A) byl zvolen ocelový plech, základním nátěrem (B) je zinek a vrstvou nátěru (C) je nátěrová hmota. Dalšími vrstvami jsou lepidlo (Y) a zkušební tělísko (Z).

Všechna vyhodnocení byla prováděna dle norem ČSN EN ISO 16276-1, ISO ČSN EN 16276-2, ČSN EN ISO 2802.

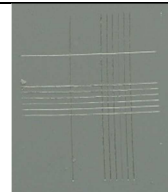
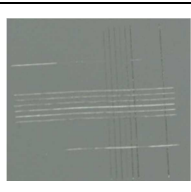
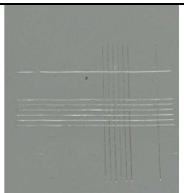






Tabulka 8.1 obsahuje informace o zkoušení nátěrové hmoty vzorků odmaštěných acetonem. Mřížková zkouška byla hodnocena pomocí lupy s dvojnásobným zvětšením a byly zjištěny menší nedostatky u vzorků 1A a 1C. Taktéž křížový řez byl vyhodnocen pomocí lupy, kde vzorek 1A vykazoval menší nedostatek. Odtrhová zkouška byla hodnocena vizuálně a na základě subjektivního hodnocení, kdy u dvou vzorků bylo odhadnuto vysoké procento kohezního poškození.

Tab. 8.1 – Vyhodnocení vzorků (plocha odmaštěná acetonem)

Způsob čištění Vzorky			Aceton		
			1A	1B	1C
Způsob zkoušení					
Stanovení tloušťky nátěru [μm]	Zinek	Průměrná	14,4	12,22	13,18
		Min	12,3	11	9,9
		Max	16,4	15,9	18,2
	Nátěr	Průměrná	9,65	13,99	12,4
		Min	3,2	9,5	9
		Max	18,3	14,1	10,9
Mřížková zkouška	Klasifikace zkoušky		1	0	1
	Fotodokumentace				
Křížový řez	Stupeň zkoušky		1	0	0
	Fotodokumentace				
Odtrhová zkouška	Síla odtrhu [MPa]		0,5	2,5	2
	Hodnocení zkoušky		40% C	95% C	85% C
			60% B/C	5% Y/Z	15% B/C
	Fotodokumentace				
Drsnost zinkového povlaku [μm]	Průměr	Příčně	1,298		
		Podélně	1,228		




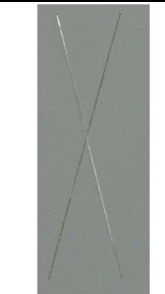

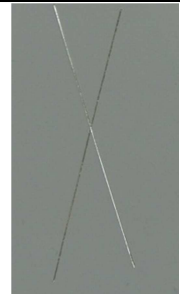
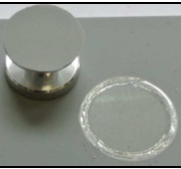
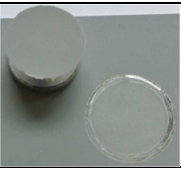

Tabulka 8.2 obsahuje informace o zkoušení nátěrové hmoty vzorků odmaštěných přípravkem Simple green, jehož pH bylo 10,5. Mřížková zkouška byla hodnocena pomocí lupy s dvojnásobným zvětšením a byl zjištěn nedostatek u vzorku 2A. Obdobně byl vyhodnocen křížový řez, kde všechny vzorky nevykazovaly žádný stupeň poškození. Odtrhová zkouška byla hodnocena vizuálně a na základě subjektivního hodnocení, kdy u všech vzorků odmaštěných přípravkem Simple green bylo odhadnuto 90% a výše kohezního poškození.

Tab. 8.2 - Vyhodnocení vzorků (plocha odmaštěná Simple green)

Způsob čištění vzorky			Simple green (pH 10,5)		
			2A	2B	2C
Způsob zkoušení					
Stanovení tloušťky nátěru [μm]	Zinek	Průměrná	7,4	8,5	9,9
		Min	6,5	6,7	7,8
		Max	9,2	9,8	13
	Nátěr	Průměrná	14,75	8,19	11,12
		Min	11,6	8,1	8,7
		Max	16,4	9,2	13,8
Mřížková zkouška	Klasifikace zkoušky		1	0	0
	Fotodokumentace				
Křížový řez	Stupeň zkoušky		0	0	0
	Fotodokumentace				
Odtrhová zkouška	Síla odtrhu [MPa]		2	2,5	2
	Hodnocení zkoušky		90% C	95% C	90% C
			10% B/C	5% B/C	10% B/C
	Fotodokumentace				
Drsnost zinkového povlaku [μm]	Průměr	Příčně	1,412		
		Podélně	1,32		

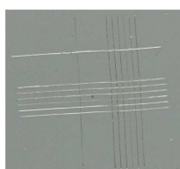
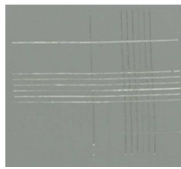




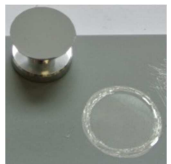
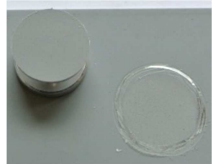
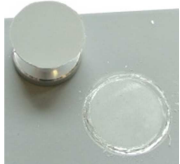
Tabulka 8.3 obsahuje informace o zkoušení nátěrové hmoty vzorků odmaštěných technickým lihem. Mřížková zkouška byla hodnocena pomocí lupy s dvojnásobným zvětšením a byl zjištěn nedostatek u vzorku 3A. Obdobně byl vyhodnocen křížový řez, kde vzorek 3A vykazoval menší poškození. Odtrhová zkouška byla hodnocena vizuálně a na základě subjektivního hodnocení, kdy bylo zjištěno vysoké procento kohezního poškození.

Tab. 8.3 - Vyhodnocení vzorků (plocha odmaštěná Technickým lihem)

Způsob čištění vzorky			Technický líh		
			3A	3B	3C
Způsob zkoušení					
Stanovení tloušťky nátěru [μm]	Zinek	Průměrná	9,9	10,4	11,08
		Min	7,8	7,9	8,2
		Max	11,7	12	13,7
	Nátěr	Průměrná	12,68	13,36	14,36
		Min	9,6	11,8	10,9
		Max	19,9	14,8	14,6
Mřížková zkouška	Klasifikace zkoušky		1	0	0
	Fotodokumentace				
Křížový řez	Stupeň zkoušky		1	0	0
	Fotodokumentace				
Odtrhová zkouška	Síla odtrhu [MPa]		2	2	1
	Hodnocení zkoušky		90%C	90% C	85% C
			10% B/C	10% Y/Z	15% B/C
	Fotodokumentace				
Drsnost zinkového povlaku [μm]	Průměr	Příčně	1,238		
		Podélně	1,276		

Tabulka 8.4 obsahuje informace o zkoušení nátěrové hmoty vzorků, kde plocha před aplikací nátěrové hmoty nebyla odmaštěna. Mřížková zkouška byla hodnocena pomocí lupy s dvojnásobným zvětšením a byly zjištěny menší nedostatky u dvou vzorků (4A, 4B). Obdobně byl vyhodnocen křížový řez, kde vzorky 4A a 4C vykazovaly menší poškození. Odtrhová zkouška byla hodnocena vizuálně a na základě subjektivního hodnocení, kdy bylo zjištěno, že procento kohezní poškození nebylo tak vysoké jako u předchozích zkoušek.

Tab. 8.4 - Vyhodnocení vzorků (plocha neodmaštěná)

Způsob zkoušení \ Způsob čištění vzorky			Nečištěná plocha		
			4A	4B	4C
Stanovení tloušťky nátěru [μm]	Zinek	Průměrná	15,06	15,3	12,92
		Min	12,3	13,4	10,9
		Max	16,5	17,7	14,8
	Nátěr	Průměrná	7,18	19,11	8,96
		Min	6,3	10,8	8,2
		Max	8,9	16,5	9,8
Mřížková zkouška	Klasifikace zkoušky		1	1	0
	Fotodokumentace				
Křížový řez	Stupeň zkoušky		1	0	1
	Fotodokumentace				
Odtrhová zkouška	Síla odtrhu [MPa]		1,9	1,5	2
	Hodnocení zkoušky		70% C	40% C	80% C
			30% B/C	60% B/C	25% B/C
	Fotodokumentace				
Drsnost zinkového povlaku [μm]	Průměr	Příčně	1,18		
		Podélně	1,158		

9 Závěr

Bakalářská práce se zabývala současným stavem použití zinkového povlaku v praxi s cílem zjistit vliv čistoty zinkového povlaku na kvalitu nátěrových organických systémů.

Nejdříve byl pořízen ocelový plech o tloušťce 2 mm, který byl nastříhán na rozměry 150mm x 70mm. Pro vytvoření sad, byl každý vzorek označen číslem (1-4) a písmenem (A-C). Poté byly vzorky galvanicky pokoveny, tři sady vzorků odmaštěny přípravky určenými k odmaštění ocelových konstrukcí (acetón, technický líh, simple green) a jedna sada vzorků odmaštěna nebyla. Byla změřena drsnost zinkového povlaku po očištění a nanesena nátěrová hmota. Po vytvrzení nátěrové hmoty byly provedeny destruktivní zkoušky, a to mřížková zkouška dle normy ČSN EN ISO 16276-2, křížový řez dle normy ČSN EN ISO 16276-2, odtrhová zkouška dle normy ČSN EN ISO 16276-1 a nedestruktivní zkouška stanovení tloušťky nátěru dle normy ČSN EN ISO 2808.

Z výsledků zkoušek je možné vyvodit závěr, že čistota povrchu zinkového povlaku má vliv na kvalitu nátěrové hmoty. Neodmaštěná plocha zinkového povlaku vykazuje horší přilnavost nátěrové hmoty k tomuto povrchu, patrné z mřížkové zkoušky a křížového řezu, oproti odmaštěným plochám. Z ploch, které byly odmaštěny různými odmašťovacími přípravky, má nejlepší výsledky u odtrhové zkoušky u ploch zinkového povlaku odmaštěných simple green.

Literatura

- [1] AČSZ. *Žárové zinkování ponorem – základní informace pro uživatele*. [online] [cit. 20.01.2016]. Dostupné z: <http://www.acsz.cz/clanek/zarove-zinkovani-ponorem-zakladni-informace-pro-uzivatele/>
- [2] BARVY A LAKY HOSTIVAŘ. *Katalog*. [online] 2016 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.bal.cz/zbozi/zv-hostagrund-2v1-na-zelezo/1q>
- [3] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - mřížková zkouška*. Česká republika: Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Česká republika: Český normalizační institut, 2000.
- [5] ČSN EN ISO 16276-1. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 1: Odtrhová zkouška*. Česká republika: Český normalizační institut, 2008
- [6] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Česká republika: Český normalizační institut, 2008
- [7] ČSN EN ISO 12944 - 1: *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. 1998. Praha: Český normalizační institut.
- [8] ELCOMETER. [online] [cit. 20. 04. 2016]. Dostupné z: <http://www.elcometerndt.com/en/measurement-modes-explained.html>
- [9] ESAB [online] [cit. 20. 04. 2016]. Dostupné z: <http://www.esab.cz/cz/cz/search.cfm?q=zna%C4%8Den%C3%AD%20ocel>
- [10] GAMIN. *Elcometer 107 Mřížková zkouška*. [online] [cit. 20. 04. 2016]. Dostupné z: <http://www.gamin.cz/katalog/merici-a-laboratorni-pristroje/prilnavost/mrizkova-zkouska/elcometer-107-mrizkova-zkouska>
- [11] KONSTRUKCE: *Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství*. Ostrava: Konstrukce media, s.r.o., 2002 – 2016. Vychází 6x ročně. ISSN 1803-8433

- [12] KUKLÍK, V., KUDLÁČEK, J. *Žárové zinkování*. AČSZ, 2014. 208 s., ISBN/ISSN 978-80-905298-2-3.
- [13] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM: *Ochrana ocelových konstrukcí systémem Duplex*. Česká republika: MM Publishing, s.r.o., 1997 - 2016. Vychází měsíčně. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/ochrana-ocelovych-konstrukci-systemem-duplex.html>> [cit. 15.01.2016]
- [14] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [15] OLEJECZ. *Svět maziv*. [online] 2016 Ekolube, s. r. o. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<https://www.oleje.cz/p/lih-technicky-1-1-nalevany--19249>>
- [16] PLASTONIT. *Plastické hydroizolační hmoty*. [online] 2016, [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.plastonit.cz/aceton/>>
- [17] *Příručka žárového zinkování*. Ostrava: AČSZ, 2011. 60 s.
- [18] SHANGAI KALATOG ENTERPRISES [online]. 2011, 1 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.ice-steels.com/steel-plate-sheet/EN-10025-S235JRG2-steel.html>>
- [19] SIMPLE GREEN. *Udržujeme Váš svět čistý*. [online] 2016 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<http://simplegreen.cz/products/simplegreen-extreme-precision-cleaner/>>
- [20] TECHMAGAZÍN [online]. 2011, 60 s. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.techmagazin.cz/ke_stazeni/T082011M.pdf
- [21] TEKNOMITRA INDONESIA. *Elcometer 319 Dewpoint Meter*. [online] 2016 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.teknomitra.com/detail/50>>
- [22] ZINKOVÁNÍ BEZ HRANIC. *Žárové zinkování – obecné informace*. [online] [cit. 18.01.2016]. Dostupné z: <<http://www.zinkovna.cz/cz/zarove-zinkovani/obecne-informace.php>>

Seznam příloh

Kompletní bakalářská práce v daném rozsahu je v elektronické podobě uložena na CD mediu.